Vol.12, No1, Spring 20223, pp.137-154 ISSN (Print):2322-1682 ISSN (Online):2383-3076

Journal of Geography and Environmental Hazards

RESEARCH ARTICLE DOI: 10.22067/GEOEH.2022.76598.1220 Open access

Investigating the Most Suitable Observation Points in Natural Resources Monitoring using Spatial Analysis

Mohsen Mostafa[a*], Shaban Shataee Jouibary[b]

[a] *Assistant Professor, Mazandaran Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Sari, Iran*

[b] *Professor, Department of Forestry, Faculty of Forest Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran*

Received: 8 April 2022 ***Revised: 7 May 2022*** ***Accepted: 29 May 2022***

Abstract

A basic critical phase in watershed monitoring is choosing the most suitable observation points which are followed by monitoring the natural resources with a wide range of view using visibility spatial analysis. Monitoring towers are crucial assets in detecting forest fires, in addition to other technological advancements. For this study 30 villages, located in Chehelchai watershed, were selected as the observation points along with 26 convenient and accessible perspective points as the observer points. For this purpose, visibility analysis lookout towers were determined using QGIS software and the percentages of visible and invisible areas were determined for the study area. Four scenarios were employed aimed at looking into the good visibility of the points for indirect watershed monitoring using Viewshed analysis in QGIS software; First scenario: Offset A = 1.6M, Radius 2 = 1200M; Second scenario: Offset A = 11.6M, Radius 2 = 1200M, Third scenario: Offset A = 1.6M, Radius 2 = 10000 and Fourth scenario: Offset A = 1.6M, Radius 2 = 10000M. The results showed that the Viewshed side program makes it possible to locate visible and invisible areas from the observer points according to different scenarios. Moreover, it was concluded that visibility analysis is a very useful and practical method for evaluating monitoring lookout towers and determining the potential location of the towers.

Keywords: Viewshed, Visible Area, Monitoring, Natural Resources

---

[*]. Corresponding author: Mohsen Mostafa E-mail: M.Mostafa@areeo.ac.ir Tel: + 989374059797

How to cite this Article: Mostafa, M., & Shataee Jouibary, Sh. (2023) Investigating of the most suitable observation points in natural resources monitoring using spatial analysis. *Journal of Geography and Environmental Hazards*, *12*(1), 137-154.

DOI: 10.22067/GEOEH.2022.76598.1220

Geography and Environmental Hazards
Volume 12, Issue 1 - Number 45, Spring 2023
https://geoeh.um.ac.ir
https://doi.org/10.22067/geoeh.2022.76598.1220

جغرافیا و مخاطرات محیطی، سال دوازدهم، شمارهٔ چهل و پنجم، بهار ۱۴۰۲، صص ۱۵۴-۱۳۷
مقاله پژوهشی

شناسایی مناسب‌ترین نقاط دیده‌بانی در پایش عرصه‌های منابع طبیعی با استفاده از تحلیل‌های مکانی

محسن مصطفی[1] - استادیار بخش منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران
شعبان شتایی جویباری - استاد گروه جنگلداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱/۱۹ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۲/۱۷ تاریخ تصویب: ۱۴۰۱/۳/۸

چکیده

شناسایی نقاط مناسب دیده‌بانی و پایش عرصه‌های منابع طبیعی برای تهدیداتی نظیر آتش‌سوزی با میدان دید وسیع یکی از مراحل اصلی پایش یک حوزه آبخیز با استفاده از تحلیل رؤیت‌پذیری سامانه‌های اطلاعات مکانی است. تعبیه برج‌های دیده‌بانی علاوه بر تشخیصی تخریب‌های صورت گرفته دارای کاربردهای دیگری با توجه به توسعه تکنولوژی می‌باشند. در این تحقیق ۳۰ روستای قرار گرفته در حوزه آبخیز چهل‌چای همراه با ۲۶ نقطه با چشم‌انداز مناسب و قابل‌دسترس به‌عنوان نقاط مشاهده‌گر انتخاب شدند. بدین منظور، تجزیه‌وتحلیل رؤیت‌پذیری منطقه موردمطالعه با استفاده از نرم‌افزار QGIS جهت تعیین درصد مناطق رؤیت‌پذیر انجام گرفت. رؤیت‌پذیری این نقاط در چهار سناریو (ارتفاع نقطه مشاهده‌گر برابر ۱/۶ متر و شعاع دید ۱۲۰۰ متر، ارتفاع نقطه مشاهده‌گر برابر ۱۱/۶ متر و شعاع دید ۱۲۰۰ متر، ارتفاع نقطه مشاهده‌گر برابر ۱/۶ متر و شعاع دید ۱۰۰۰۰ متر و ارتفاع نقطه مشاهده‌گر برابر ۱۱/۶ متر و شعاع دید ۱۰۰۰۰ متر) برای پایش غیرمستقیم حوزه آبخیز با استفاده از برنامه جانبی Viewshed در محیط نرم‌افزار QGIS موردبررسی قرار گرفت. نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که برنامه جانبی Viewshed مکان‌یابی مناطق قابل‌رؤیت و غیرقابل‌رؤیت را از نقاط مشاهده‌گر با توجه به سناریوهای مختلف

[1] نویسنده مسئول: ۰۹۳۷۴۰۵۹۷۹۷ Email:M.Mostafa@areeo.ac.ir

نحوه ارجاع به این مقاله:

مصطفی، محسن؛ شتایی، شعبان. ۱۴۰۲. شناسایی مناسب‌ترین نقاط دیده بانی در پایش عرصه‌های منابع طبیعی با استفاده از تحلیل‌های مکانی. *جغرافیا و مخاطرات محیطی*. ۱۲(۱). صص ۱۵۴-۱۳۷

https://doi.org/10.22067/geoeh.2022.76598.1220

امکان‌پذیر می‌کند. به‌علاوه با ترکیب این نقاط با همدیگر می‌توان پوشش مناطق قابل دید برای پایش کل حوضه را افزایش داد. علاوه بر این، تجزیه‌وتحلیل رؤیت‌پذیری یک روش بسیار مفید و کاربردی برای ارزیابی برج‌های مراقبتی و تعیین موقعیت بالقوه این برج‌ها است. درنهایت، علاوه بر تعیین برج‌های دیدبانی، رویکردهای مبتنی بر GIS که شامل تجزیه‌وتحلیل رؤیت‌پذیری و فناوری‌های سنجش‌ازدور می‌شود، با هدف برنامه‌ریزی بهینه سیستم‌های نظارتی از نظر اقتصادی، فنی و کاربردی، پیشنهاد می‌شود.

کلیدواژه‌ها: Viewshed، مناطق قابل‌رؤیت، پایش، عرصه‌های منابع طبیعی.

۱- مقدمه

مدیریت مناسب اراضی طبیعی جهت دستیابی به فواید بالقوه آن ازجمله، خدمات اکوسیستمی، زیبایی‌شناسی، اقتصادی غیره امری ضروری است. پایش این اراضی جهت درک کامل کارشناسان و مدیران از شرایط موجود برای اجرای دقیق برنامه‌های حفاظت، احیا و توسعه مهم‌ترین ابزار مدیریتی است. پایش منظم و مداوم این عرصه‌ها به‌ویژه جنگل‌ها و مراتع جهت انجام پروژه‌های مدیریتی، عملیات بهره‌برداری، جلوگیری از قاچاق و دخل و تصرف، اطفا حریق و مشاهده هر نوع تغییرات انسانی و غیرانسانی در آن‌ها از مهم‌ترین و کاراترین روش‌های کنترل و حفاظت است (مصطفی و همکاران، ۱۳۹۹)؛ زیرا در طول زمان، الگوهای پوشش زمین و به‌تبع آن کاربری اراضی دچار تغییر و دگرگونی اساسی می‌شوند و عامل انسانی می‌تواند نقش مهم‌تری داشته باشد (رضایی مقدم و همکاران، ۱۳۹۹). حوزه‌آبخیز یک سیستم تولیدی است که دارای ورودی‌های طبیعی و مصنوعی است، از طرف دیگر طبیعت پویای یک حوزه آبخیز تعادل حساس بین نیروهای مخرب کننده و سازنده است (بروکس[1] و همکاران، ۲۰۱۳). یکی از راه‌های رسیدن به اهداف توسعه پایدار در حوزه‌های آبخیز پایش تمام مؤلفه‌های حوزه آبخیز با استفاده از روش‌های موجود است که یکی از آن‌ها بهره‌گیری از امکانات موجود در سامانه اطلاعات جغرافیایی (جی‌ای‌اس[2]) است. ازجمله این ابزارها می‌توان به برنامه ویوشید[3] اشاره نمود. در مباحث مربوط به پایش و نظارت از راه دور واژه نقاط رؤیت‌پذیر دارای کاربرد ویژه‌ای است، طوری که تحلیل رؤیت‌پذیری[4] و نقاط رؤیت‌پذیر با همدیگر و به‌طور مترادف مورد استفاده قرار می‌گیرند. در همین راستا، واژه نقاط رؤیت‌پذیر که وسیله طراحان منظر به کار برده شد به محلی گفته می‌شود که از آنجا خطوط دید بدون مانع از نقطه مشاهده‌گر خارج می‌شوند. این واژه برای اولین بار در سال ۱۹۷۰ به‌وسیله اداره جنگلبانی ایالات‌متحده آمریکا مورد استفاده قرار گرفت (اروین و استینیز[5]، ۲۰۰۳).

1 Brooks et al
2 Geographic Information System (GIS)
3 Viewshed
4 Visibility
5 Ervin and Steinitz

در سال‌های اخیر از امکانات موجود در جی‌ای‌اس برای تحلیل‌های مبتنی بر ویژگی‌های بصری چشم‌اندازها در مطالعات مختلف استفاده شده است. زارعی و همکاران (۱۳۹۵)، بهینه‌سازی پوشش در شبکه‌های حسگر بی‌سیم، احمدی و همکاران (۱۳۹۷)، تحلیل رؤیت‌پذیری ساختمان‌های بلندمرتبه در سنندج، کریمی و وحیدنیا (۱۳۹۹)، مکان گزینی و بهینه‌سازی پوشش دوربین‌های مداربسته، فلاحتی و همکاران (۱۴۰۰)، ارزیابی زیستگاه کفتار راه راه در ارتفاعات شاهو، کرمانشاه، ژانگ[1] و همکاران، (۲۰۱۵) بائو[2] و همکاران(۲۰۲۰)، جهت تعیین نقاط مناسب دیده‌بانی آتش‌سوزی در چین، (ایو و کرما[3](۲۰۱٤)، در رؤیت‌پذیری مزارع ، لی[4] و همکاران (۲۰۱۹)، برای نصب ایستگاه‌های پایش جنگل در کره جنوبی، اسکارفو و همکاران(۲۰۱۳)، جهت ارزیابی بصری اثرات بهره‌برداری جنگل در ایتالیا، باربیان[5] و همکاران (۲۰۱۱)، به‌منظور تعیین محل‌های عکس‌برداری از طبیعت ، باومن و رایوس[6](۲۰۲۱)، برای بررسی رؤیت‌پذیری مناطق اطراف معابد در تبت و سانچز فرناندز[7](۲۰۲۲)، جهت طراحی مسیر پرواز پهپادها برای پایش مناطق مساحت زیاد و ناهمگن در اسپانیا از قابلیت ویوشید استفاده نموده‌اند.

برنامه‌های تجزیه‌وتحلیل مکانی توسعه داده‌شده در جی‌آی‌اس دارای کاربردهای متنوع در علوم منابع طبیعی می‌باشند. بر همین اساس ابزارها و تکنیک‌های مختلفی ازجمله برنامه جانبی ویوشید[8] توسعه داده شده‌اند. این برنامه در محیط جی‌آی‌اس با استفاده از یکسری الگوریتم‌ها، داده‌های مکانی با فرمت رستر را تجزیه‌وتحلیل می‌کند، به‌طوری‌که اطلاعات مکانی در پیکسل‌ها کدگذاری شده و شبکه‌ای همانند نقشه رقومی ارتفاع (دم[9]) تشکیل می‌دهند (سوپرنانت[10]، ۲۰۱٤). با استفاده از تکنیک ویوشید[3] مناطق قابل دید و غیرقابل دید از یک نقطه مشخص تشخیص داده می‌شوند (بایشاپ[11]، ۲۰۰۳). این برنامه اغلب برای تعیین مناطق با میدان دید مناسب با توجه به وضعیت چشم‌انداز آن به کار می‌رود و منجر به توسعه الگوریتم‌ها و روش‌های تجزیه تحلیل مختلف شده است (نوتسفورد[12]، ۲۰۱۵)

در مطالعات قبلی، تحقیقات بیشتر بر روی مکان‌یابی نقاط مشاهده‌گر و توانایی آن در پوشش مناطق به‌صورت موردی تمرکز شده است و از طرفی در محدوده یک حوضه آبخیز و پایش تمام مؤلفه‌های آن تحقیقی صورت نگرفته است. لازم به ذکر است در داخل کشور روی چگونگی استفاده از قابلیت ویوشید[3] در پایش عرصه‌های منابع

1 Zhang et al
2 Bao et al
3 Eve and Crema
4 Lee et al
5 Brabyn and Mark
6 Bowman and Ryavec
7 Sanchez-Fernandez et al
8 Viewshed
9 Digital Elevation Model (DEM)
10 Supernant
11 Bishop
12 Nutsford et al

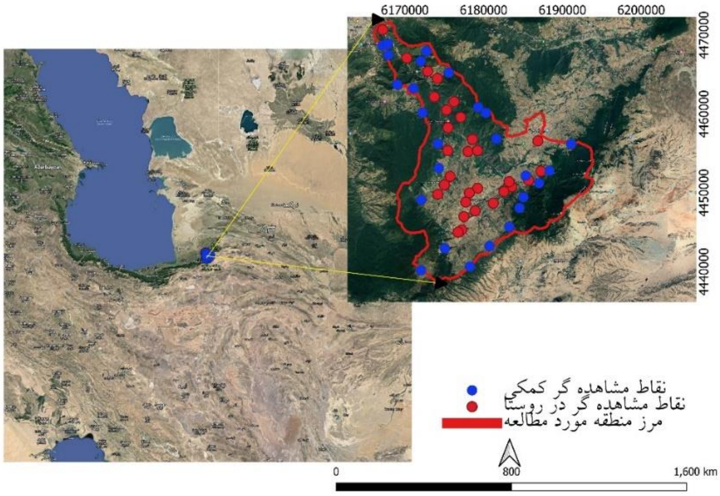
طبیعی و تحقیقی یافت نشد، جهت حفاظت از عرصه‌های جنگلی و مرتعی در مقیاس حوزه‌های آبخیز، در مقابل عوامل مخربی مانند آتش‌سوزی، تغییر کاربری اراضی، قاچاق چوب و مبارزه با آفات و بیماری‌ها پایش مداوم آن‌ها به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم ضروری می‌باشد. یکی از روش‌های پایش غیرمستقیم تعیین محل‌های دیدبانی بوده، در حالی مکان‌یابی و تعیین مناطق رؤیت پذیر از این نقاط نیازمند بازدیدهای زمینی و استفاده از روش‌های علمی می‌باشد. با توجه به موارد مذکور پژوهش با استفاده از قابلیت برنامه جانبی ویوشید[۳] در محیط جی‌آی‌اس به‌منظور بررسی وضعیت رؤیت‌پذیری روستاها و همچنین نقاط با چشم‌انداز مناسب و قابل‌دسترس به‌عنوان نقاط مشاهده‌گر جهت پایش عرصه‌های منابع طبیعی از حوادث و عوامل تخریب زا به خصوص آتش‌سوزی در حوضه آبخیز چهل‌چای استان گلستان بعنوان یک حوضه دارای مشکلات متعدد اقتصادی و اجتماعی و حوادث مختلف تخریب زا و دارای تغییرات کاربری شدید در سال‌های گذشته انجام شد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه موردمطالعه

حوزه آبخیز چهل‌چای با وسعت ۲۵٦۸۰ هکتار در موقعیت جغرافیایی ″۳۰′،۵۷°،۳٦ تا ″۰۰′،۱۵°،۳۷ عرض شمالی و ″۳۰′،۲۲°،۵۵ تا ″۳۰′،۳۷°،۵۵ طول شرقی و بر مبنای سیستم مختصات سامانه مختصات جهانی مرکاتور (یوتی‌ام[۱]) در زون ٤۰ شمالی در استان گلستان، شهرستان مینودشت واقع شده است. حداقل ارتفاع از سطح دریا ۱۹۰ و حداکثر آن ۲۵٦۷ متر از سطح آب‌های آزاد می‌باشد. میانگین بارندگی سالیانه منطقه موردمطالعه ۷۵۰ میلی‌متر می‌باشد. پوشش گیاهی غالب حوضه در بخش شمالی، جنگل و در بخش جنوب به پوشش مرتعی و خشک تغییر می‌یابد. اقتصاد عمومی مردم بر پایه زراعت و دامداری می‌باشد. کاربری‌های اصلی منطقه موردمطالعه شامل اراضی جنگلی (٦۷٪)، کشاورزی (۲۸/۸٪)، مراتع (٤/۰۹٪) و مسکونی (۰/۵۳٪) می‌باشد. حوزه‌آبخیز چهل‌چای دارای مشکلات زیادی ازجمله تغییرات گسترده کاربری اراضی از جنگل به اراضی زراعی، آتش‌سوزی‌های فراوان و گسترده در اراضی جنگلی و مرتعی، حساس بودن بعضی از سازندهای زمین‌شناسی به فرسایش آبی، فشار چرای دام، رسوب‌دهی بالا و سیل‌خیز بودن، تخریب اکولوژیک اراضی طبیعی و مشکل اشتغال و درآمد می‌باشد. شکل ۱ نقشه منطقه موردمطالعه و نقاط مشاهده‌گر را نشان می‌دهد.

1 Universal Transverse Mercator (UTM)



شکل ۱– موقعیت منطقه موردمطالعه و نقاط مشاهده‌گر

۲-۲ – انتخاب محل نقاط مشاهده‌گر[1]

ارزیابی نقاط مناسب برای انتخاب محل‌ها دیدبانی بر اساس رؤیت‌پذیری آن اغلب از فردی به فرد دیگر متفاوت است (فرانچ پاردو[2] و همکاران، ۲۰۱۷). به همین منظور محققان همواره به دنبال روش‌هایی بودند که بر اساس داده‌های کمی و الگوریتم‌های مناسب تحلیل‌های مکانی این نقاط را انتخاب نمایند و این مهم در محیط جی‌آی‌اس امکان‌پذیر شده است. نقطه مشاهده‌گر، نقطه‌ای است که محدوده‌ای قابل‌رؤیت یا یک خط ممتد وسیع را رؤیت می‌کند و یکی از مؤلفه‌های اصلی ارزیابی چشم‌انداز می‌باشد. این نقطه، به‌عنوان یک پارامتر کنترل‌کننده برای ارزیابی فاصله، اختلاف ارتفاع، زاویه عمودی بین نقطه مشاهده‌گر و نقطه هدف دید به کار می‌رود (کاسترو[3] و همکاران، ۲۰۱۱). در این مطالعه به‌صورت پیش‌فرض، هرکدام از روستاهای موجود در منطقه به دلیل شرایط دیده‌بانی و به‌عنوان نقاط قابل‌دسترس به‌عنوان مشاهده‌گر انتخاب شدند. همچنین در درون حوضه، با کمک و راهنمایی کارشناس منابع طبیعی، مردم محلی و بررسی میدانی، نقاطی به‌عنوان نقاط مشاهده‌گر کمکی پیش فرض مناسب انتخاب شدند. این نقاط دارای شرایطی بودند که هم به جاده دسترسی داشته باشند و از طرفی از لحاظ شیب هم امکان نصب ایستگاه دیدبانی را داشته باشند. تعداد ۳۰ روستای قرار گرفته در منطقه موردمطالعه و ۲٦ نقطه کمکی به‌عنوان نقاط اولیه مشاهده‌گر انتخاب شدند. موقعیت مکانی این نقاط روی شکل ۱ نشان داده شده است.

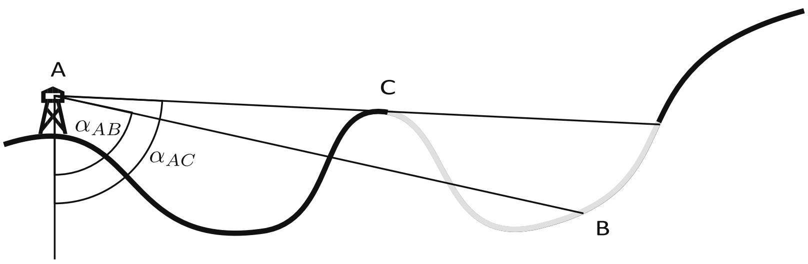
---

1 Viewpoint
2 Franch-Pardo et al
3 Castro et al

۲-۳- تعیین سناریوها برای تعیین مناطق قابل دید

اصل این الگوریتم بر اساس خطوط تابش نقطه‌ای است که باید میدان دید آن در یک زاویه ثابت بررسی شود. در امتداد هر خط زاویه عمودی تا نزدیک‌ترین پیکسل محاسبه می‌شود، اگر این زاویه حالت افزایشی داشته باشد پیکسل‌های هدف قابل‌رؤیت هستند و هر جا این زاویه حالت کاهشی پیدا کرد، پیکسل موردنظر غیرقابل‌رؤیت است، این به این معنی است که پیکسل هدف توسط پیکسل دیگری که زاویه خطوط تابش بیشتری داشته و در جلوی آن قرار دارد، پوشش داده شده یا به عبارتی پنهان شده است. این روند غیرقابل‌رؤیت بودن پیکسل‌ها ادامه پیدا می‌کند تا به پیکسلی می‌رسد که زاویه خطوط تابش افزایش پیدا می‌کند و این پیکسل قابل‌رؤیت خواهد شد و این روند تا آخر ادامه پیدا می‌کند (بایوشاپ[1]، ۲۰۰۳).

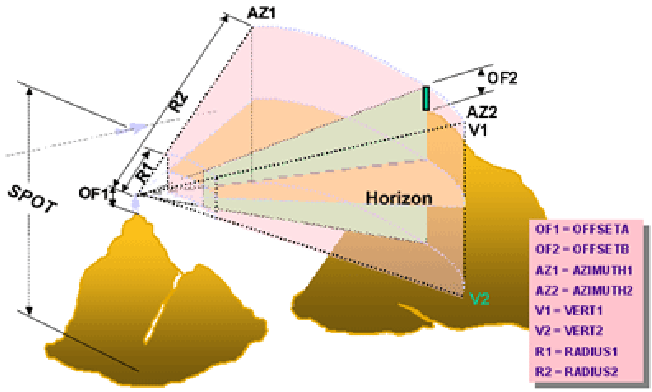
درواقع ویوشید[2] از ارتفاع هر پیکسل نقشه مدل رقومی ارتفاعی زمین برای تعیین رؤیت‌پذیری استفاده می‌کند. شکل ۲ چگونگی خط دید بین نقطه مشاهده‌گر و نقاط هدف را نشان می‌دهد. در این شکل نقطه B از نظر نقطه A (به‌عنوان مشاهده‌گر) غیرقابل‌رؤیت است، زیرا خط دید AB تانژانت شیب کمتری در زاویه αAB از تانژانت شیب زاویه αAC در خط دید AC دارد.



شکل ۲- شکل شماتیک خط دید نقطه مشاهده‌گر و نقاط هدف (فنگ[3] و همکاران، ۲۰۱۵)

در این تحلیل، مؤلفه‌های تجزیه‌وتحلیل شامل موارد ذیل می‌شود: (OF1) فاصله عمودی که به ارتفاع نقطه مشاهده‌گر اضافه می‌شود، (OF2) فاصله عمودی به که ارتفاع بالای نقطه هدف (مشاهده شونده) اضافه می‌شود، (AZ1) آزیموت نقطه ابتدا، (AZ2) آزیموت نقطه انتها، (V1) زاویه ارتفاعی، (V2) زاویه فرورفتگی، (R1) فاصله بین نقشه مشاهده‌گر و اولین نقطه قابل‌رؤیت، (R2) فاصله بین نقشه مشاهده‌گر و آخرین نقطه قابل‌رؤیت (جدول ۱، شکل ۳)، (ویتکامپ[4] و همکاران، ۲۰۱۱).

1 Bishop
2 Viewshed
3 Feng et al
4 Weitkamp et al



شکل ۳- شکل شماتیک خط دید نقطه مشاهده‌گر و نقاط هدف

بر همین اساس چهار سناریو برای هر نقطه مشاهده‌گر با استفاده از برنامه تجزیه‌وتحلیل رؤیت‌پـذیری[1] در نرم‌افـزار کیوجی‌آی‌اس۳/۱٦[2] تعیین شد که مبنای تعیین سناریوها ارتفـاع از سـطح زمـین و حـداکثر فاصـله‌ای کـه فـرد در دو حالت استفاده از دوربین و بدون استفاده از دوربین می‌باشد.

سناریوی یک: حالتی که فرد در نقطه مشاهده‌گر روی زمین با چشـم غیرمسـلح باشـد، ارتفـاع ۱/٦ متـر از سـطح زمین (میانگین قد یک انسان) و فاصله دید ۱۲۰۰ متری تعیین شد؛ زیرا حداکثر فاصله‌ای که فرد می‌توانـد بـین عناصـر منظره عمودی تمایز قائل شود حدود ۱۲۰۰ متر است، البته مقدار حداکثر خط دید در میـدان دیـد مفیـد ممکـن اسـت بسته به حالت ادراک و ارتفاع از سطح زمین فرد در نقطـه مشـاهده‌گر و دیگـر شـرایط متفـاوت اسـت (ویتکامـپ[3] و همکاران، ۲۰۱۱).

سناریوی دو: در این حالت فاصله دید ۱۲۰۰ متری در نظر گرفته شد، اما یـک دکـل بـا ارتفـاع ۱۰ متـر پیش‌بینـی گردید که با احتساب قد فرد در نقطه مشاهده‌گر ۱۱/٦ متر در نظر گرفته شد (بائو[4] و همکاران، ۲۰۱۵).

سناریوی سه: حالتی که فرد در نقطه مشاهده‌گر روی زمین با بدون دوربین باشد ارتفاع ۱/٦ متـر از سـطح زمـین و فاصله دید ۱۰۰۰۰ متری (حداکثر فاصله دید با استفاده از دوربین شکاری معمولی) تعیین شـد، (ژانـگ[5] و همکـاران، ۲۰۲۰).

1 Visibility analysis
2 QGIS3.16
3 Weitkamp et al
4 Bao et al
5 Zhang et al

سناریوی چهار: در این حالت فاصله دید ۱۰۰۰۰ متری در نظر گرفته شد، اما یک دکل با ارتفاع ۱۰ متر پیش‌بینی گردید که با احتساب قد فرد در نقطه مشاهده‌گر ۱۱/٦ متر در نظر گرفته شد. جزییات کامل هرکدام از سناریوها در جدول ۱ توضیح داده شده است.

جدول ۱- مشخصات هر کدام از سناریوهای انتخاب‌شده

مؤلفه	کلاسه	شرح	سناریوی ۱	سناریوی ۲	سناریوی ۳	سناریوی ٤
			مقدار	مقدار	مقدار	مقدار
OF1	خط انحراف عمودی A	فاصله عمودی که به ارتفاع نقطه مشاهده‌گر اضافه می‌شود.	۱/٦ متر	۱۱/٦ متر	۱/٦ متر	۱۱/٦ متر
OF2	خط انحراف عمودی B	فاصله عمودی به که ارتفاع بالای نقطه مشاهده شونده اضافه می‌شود.	۰ متر	۰ متر	۰ متر	۰ متر
AZ1	آزیموت ۱	آزیموت نقطه ابتدا	۰	۰	۰	۰
AZ2	آزیموت ۲	آزیموت نقطه انتها	۳٦۰ درجه	۳٦۰ درجه	۳٦۰ درجه	۳٦۰ درجه
V1	زاویه عمودی ۱	زاویه ارتفاعی	+۹۰ درجه	+۹۰ درجه	+۹۰ درجه	+۹۰ درجه
V2	زاویه عمودی ۲	زاویه فرورفتگی	-۹۰ درجه	-۹۰ درجه	-۹۰ درجه	-۹۰ درجه
R1	شعاع ۱	فاصله بین نقطه مشاهده‌گر و اولین نقطه قابل‌رؤیت	۰ متر	۰ متر	۰ متر	۰ متر
R2	شعاع ۲	فاصله بین نقطه مشاهده‌گر و آخرین نقطه قابل‌رؤیت	۱۲۰۰ متر	۱۲۰۰ متر	۱۰۰۰۰ متر	۱۰۰۰۰ متر

۲-٤- تعیین مناطق قابل دید و غیرقابل دید برای نقاط مشاهده‌گر

برای هر سناریوی تعریف‌شده، مناطق قابل دید و غیرقابل دید برای هر یک از نقاط مشاهده‌گر (روستاها و نقاط کمکی) با استفاده از مدل رقومی ارتفاع[1] با قدرت تفکیک مکانی ۱۰ متر با استفاده از برنامه Viewshed در نرم‌افزار کیوجی‌آس ۳/۱٦[2] به‌صورت جداگانه تعیین شد. سپس مساحت هر کدام از این مناطق بر روی کل منطقه محاسبه گردید، همچنین مناطق قابل دید و غیرقابل دید برای هر کدام از کاربری‌های جنگل، مرتع و سایر کاربری محاسبه گردید. در مرحله بعد کل نقاط مشاهده‌گر باهم تلفیق شدند و با استفاده از هر سناریو مناطق قابل دید و غیرقابل دید تعیین شدند و مانند حالت قبل مساحت این مناطق برای کل منطقه موردمطالعه و هر کدام از کلاسه‌های کاربری اراضی محاسبه گردید. به‌این‌ترتیب، چهار آلترنانیو برای منطقه ارائه شد.

1 Digital Elevation Model (DEM)
2 QGIS3.16

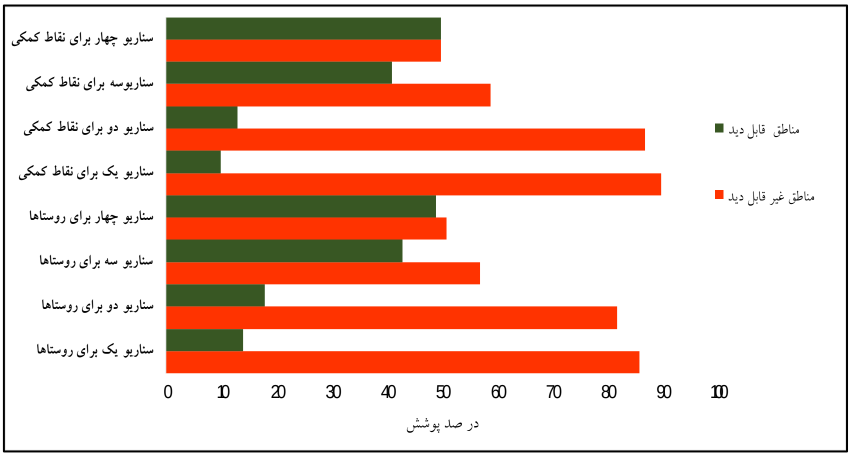
۳- نتایج و بحث

۳-۱- وضعیت مشاهده‌پذیری نقاط روستایی

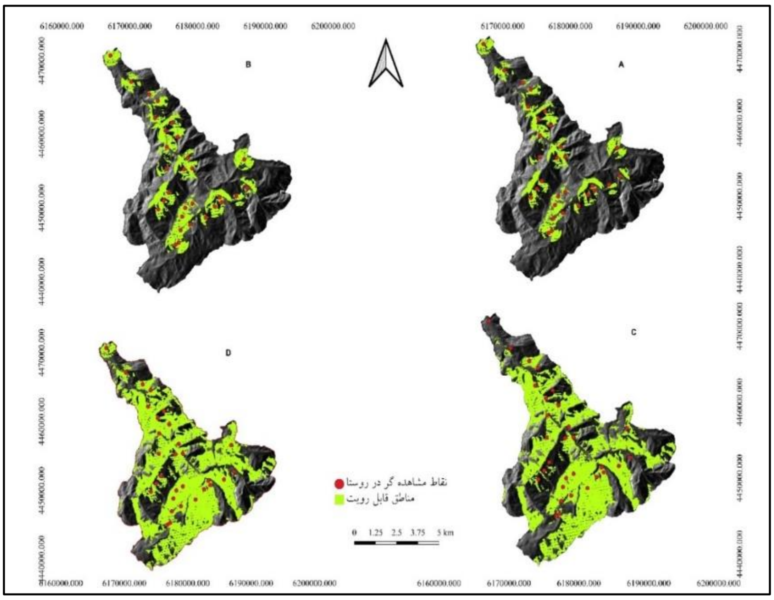
در سناریو یک در مناطق دیده‌بانی روستایی فقط ١٤ درصد از منطقه قابل رؤیت می‌باشد، درحالی‌که در سناریوی دو با افزایش ارتفاع نقطه مشاهده‌گر ٤ درصد به منطقه قابل‌رؤیت افزوده می‌شود و این مقدار به ١٨ درصد می‌رسد. در سناریوی سه با افزایش شعاع دید ٤٣ درصد از منطقه در روستاها قابل‌رؤیت می‌باشند. در سناریوی چهار با افزایش ارتفاع نقطه مشاهده‌گر حدود ٥٠ درصد منطقه قابل دید می‌باشد (جدول ٢، شکل ٤ و ٥).

جدول ٢- مساحت مناطق قابل‌رؤیت در نقاط مشاهده‌گر در روستاها و کمکی (هکتار)

		سناریو یک	سناریو دو	سناریو سه	سناریو چهار
نقاط مشاهده‌گر روستاها	مناطق غیرقابل دید	٢٢١٠٦/٦١	٢١٠٨٩/١٢	١٤٦٠٧/٠٤	١٣٢٠٦/٢٢
	مناطق قابل دید	٣٥٧٣/٣٩	٤٥٩٠/٨٨	١١٠٧٢/٩٦	١٢٤٧٣/٧٨
نقاط مشاهده‌گر کمکی	مناطق غیرقابل دید	٢٣١٦٢/٢٥	٢٢٢٨٥/٩٣	١٥٢١٩/٨٨	١٢٧٤٦/١
	مناطق قابل دید	٢٥١٧٥/٧	٣٣٩٤/٠٧	١٠٤٦٠/١٢	١٢٩٣٣/٩



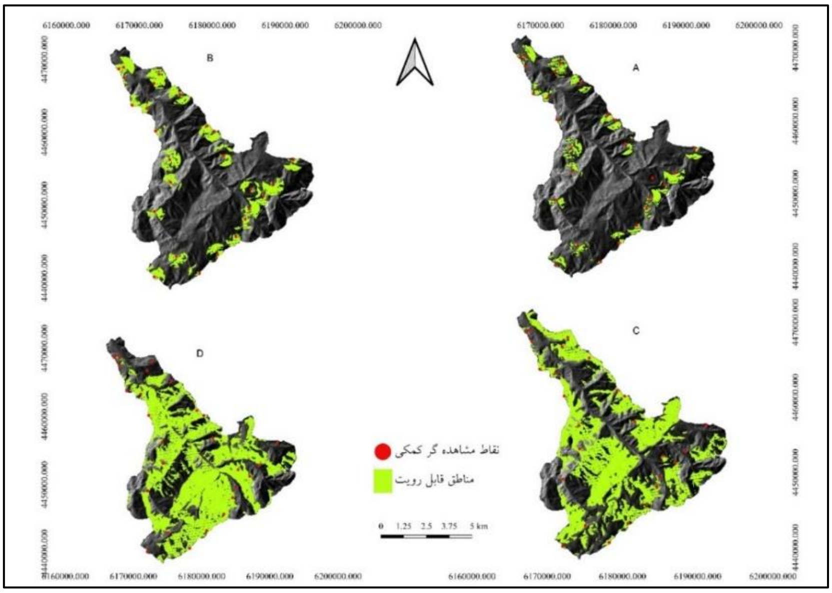
شکل ٤- درصد پوشش مناطق قابل‌رؤیت و غیرقابل‌رؤیت برای نقاط مشاهده‌گر روستایی و کمکی



شکل ۵- نقشه مناطق قابل‌رؤیت در نقاط مشاهده‌گر روستاها، A) مناطق قابلیت رؤیت در سناریو یک، B) مناطق قابلیت رؤیت در سناریو دو، C) مناطق قابلیت رؤیت در سناریو سه، D) مناطق قابلیت رؤیت در سناریو چهار.

۳-۲- وضعیت مشاهده‌پذیری نقاط کمکی در کل منطقه موردمطالعه

بر روی نقاط کمکی در سناریوی یک، حدود ۲۵۱۷۵.۷ هکتار از کل منطقه قابل رؤیت می‌باشد، این مقدار برای سناریوی دو ۳۳۹٤.۰۷ هکتار می‌باشد که ۱۳ درصد منطقه را در بر می‌گیرد. در سناریوی سه ٤۱ درصد از منطقه موردمطالعه قابل‌رؤیت است، با افزایش ارتفاع نقطه مشاهده‌گر این مقدار افزایش یافته است و به عدد ۱۲۹۳۳.۹ هکتار می‌رسد و ٤۳ درصد از منطقه را پوشش می‌دهد (جدول ۲، شکل ٦)



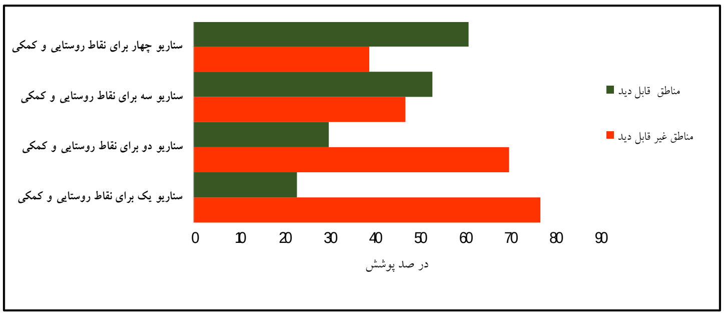
شکل ٦- نقشه مناطق قابل‌رؤیت در نقاط مشاهده‌گر کمکی نقشه مناطق قابل‌رؤیت در نقاط مشاهده‌گر روستاها، A) مناطق قابلیت رؤیت در سناریو یک، B) مناطق قابلیت رؤیت در سناریو دو، C) مناطق قابلیت رؤیت در سناریو سه، D) مناطق قابلیت رؤیت در سناریو چهار

۳-۳- وضعیت مشاهده‌پذیری نقاط روستایی و کمکی تلفیق‌شده در کل منطقه موردمطالعه

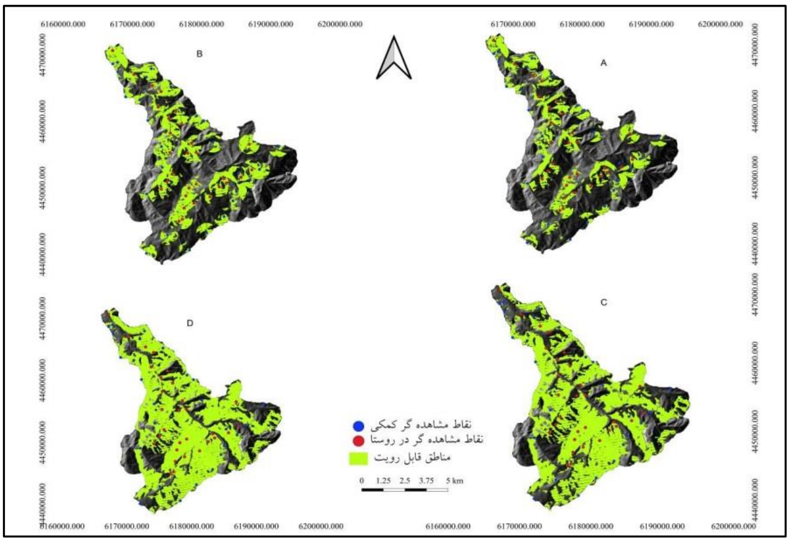
با تلفیق نقاط روستایی و کمکی در سناریوی یک ٥۹۷٦/٦٤ هکتار از منطقه موردمطالعه قابل‌دید می‌باشد که معادل ۲۳ درصد از کل منطقه موردمطالعه است. در سناریوی دو ۳۰ درصد منطقه قابل‌دید می‌باشد که معادل ۷۷۳۹.۹ هکتار از کل عرصه موردمطالعه است. در سناریوی ۳ با افزایش شعاع دید نقطه مشاهده‌گر ٥۳ درصد از منطقه موردمطالعه قابل دید می‌باشد، در حالی در سناریوی چهار با افزایش ارتفاع نقطه مشاهده‌گر ۱٥٦۸۷.۷۹ هکتار از منطقه موردمطالعه قابل‌رؤیت می‌باشد که این مقدار معادل ٦۱ درصد منطقه موردمطالعه است (جدول ۳، شکل ۷ و ۸).

جدول ۳- مساحت مناطق قابل‌رؤیت در نقاط مشاهده‌گر در روستاها و کمکی (هکتار)

		سناریو یک	سناریو دو	سناریو سه	سناریو چهار
نقاط مشاهده‌گر روستایی و کمکی تلفیقی	مناطق غیرقابل دید	۱۹۷۰۳/۳٦	۱۷۹٤۰/۰۱	۱۲۱۹۱/٦٦	۹۹۹۲/۲۱
	مناطق قابل دید	٥۹۷٦/٦٤	۷۷۳۹/۹	۱۳٤۸۸/۳٤	۱٥٦۸۷/۷۹



شکل ۷- درصد پوشش مناطق قابل‌رؤیت و غیرقابل‌رؤیت برای نقاط مشاهده‌گر تلفیقی (روستاها و نقاط کمکی)



شکل ۸- نقشه مناطق قابل‌رؤیت برای نقاط مشاهده‌گر تلفیقی (روستاها و نقاط کمکی)، A) مناطق قابلیت رؤیت در سناریو یک، B) مناطق قابلیت رؤیت در سناریو دو، C) مناطق قابلیت رؤیت در سناریو سه، D) مناطق قابلیت رؤیت در سناریو چهار

۳-٤- وضعیت مشاهده‌پذیری کاربری های اراضی با نقاط دیده‌بانی روستایی

با نقاط دیده‌بانی روستایی در سناریوی یک، حدود ۷.۲۵ درصد از کاربری جنگل قابل‌مشاهده می‌باشد، درحالی‌که ٦۰.۲۵ درصد این کاربری غیرقابل مشاهده می‌باشد، در سناریوی دو درصد پوشش مناطق قابل‌رؤیت در اراضی جنگلی افزایش یافته و به ۹.۳۷ درصد می‌رسد، به‌طور هم‌زمان نیز درصد پوشش مناطق قابل‌رؤیت در کاربری مرتع به ۰.۱۹ رسیده است. در سناریوی سه با افزایش شعاع دید نقاط مشاهده‌گر درصد پوشش مناطق قابل‌رؤیت در کاربری جنگل افزایش چشم‌گیری نسبت به سناریوی دوم داشت و به عدد ٢٦.٧٤ درصد رسید، لازم به ذکر است این روند در کاربری مرتع نیز وجود داشت و به مقدار۲.۱۰ درصد افزایش یافت. در سناریوی چهارم

هم‌زمان با افزایش ارتفاع نقطه مشاهده‌گر روند صعودی افزایش مناطق قابل‌رؤیت در کاربری‌های جنگل و مرتع نیز مشاهده شد و مقادیر آن ۳۰.۰۲ و ۱۶.۳۷ درصد به ترتیب برای کاربری‌های جنگل و مرتع می‌باشد. لازم به ذکر است در سناریوهای استفاده‌شده برای نقاط مشاهده‌گر در روستاها درصد مناطق قابل‌رؤیت از سناریوی یک به‌سوی سناریوی چهار در کلاسه سایر کاربری اراضی روند صعودی داشت (جدول ٤).

جدول ٤- درصد مناطق قابل‌رؤیت در نقاط مشاهده‌گر در روستاها بر روی نقشه کاربری اراضی

	نوع کاربری	سناریو یک	سناریو دو	سناریو سه	سناریو چهار
مناطق غیرقابل دید	جنگل	٦٠/٢٥	٥٨/٣٤	٤٠/٩٧	٣٧/٠٥
	مرتع	٣/٩٤	٣/٩	١/٩٩	١/٩
	سایر اراضی	٢١/٩٠	١٩/٨٨	١٣/٩٢	١٢/٤٧
مناطق قابل دید	جنگل	٧/٢٥	٩/٣٧	٢٦/٧٤	٣٠/٠٢
	مرتع	٠/١٥	٠/١٩	٢/١	٢/١٩
	سایر اراضی	٦/٥١	٨/٣٣	١٤/٢٩	١٦/٣٧

۳-۵- وضعیت مشاهده‌پذیری نقاط کمکی بر روی نقشه کاربری اراضی

در سناریوی یک در نقاط کمکی ٥٥.٧٥ درصد از مناطق جنگلی غیرقابل‌رؤیت می‌باشد، با افزایش ارتفاع نقاط مشاهده‌گر در سناریوی دو درصد پوشش نواحی غیرقابل‌رؤیت کاهش یافت و مقدار آن به ٥٣.٤٦ درصد رسید. در سناریوی سه و چهار درصد پوشش مناطق غیرقابل دید در کاربری جنگل به ترتیب با مقادیر ٤٢.٣٨ و ٣٥.٩٤ درصد روند نزولی داشت. در کاربری مرتع از سناریوی یک به طرف سناریوی چهار درصد مناطق قابل‌رؤیت روند به ترتیب با مقادیر ٠.٦٨، ١.٠٧، ١.٤٨ و ١.٩٨ درصد روند صعودی مشاهده گردید. جدول ٥ جزییات مشاهده‌پذیری منطقه موردمطالعه را با استفاده از نقاط کمکی به‌عنوان نقطه مشاهده‌گر نشان می‌دهد.

جدول ٥- درصد مناطق قابل‌رؤیت در نقاط مشاهده‌گر کمکی بر روی نقشه کاربری اراضی

	نوع کاربری	سناریو یک	سناریو دو	سناریو سه	سناریو چهار
مناطق غیرقابل دید	جنگل	٥٥/٧٥	٥٣/٤٦	٤٢/٣٨	٣٥/٩٤
	مرتع	٧/٣	٤/٠٩	٢/٦١	٢/١١
	سایر اراضی	٢٧/١٤	٢٩/٢٣	١٤/٢٧	١١/٥٨
مناطق قابل دید	جنگل	٦/٧٩	٨/٩٦	٢٤/٢٩	٣٠/٧٣
	مرتع	٠/٦٨	١/٠٧	١/٤٨	١/٩٨
	سایر اراضی	٢/٣٣	٣/١٨	١٤/٩٦	١٧/٦٦

۳-۶- وضعیت مشاهده‌پذیری نقاط روستای و کمکی بر روی نقشه کاربری اراضی

با ادغام نقاط روستایی و کمکی به‌عنوان نقاط مشاهده‌گر درصد پوشش مناطق قابل دید در مقایسه با هر کدام از نقاط مشاهده‌گر به‌صورت جداگانه روند افزایشی داشته است به‌طوری‌که درصد پوشش مناطق قابل‌رؤیت در کاربری جنگل از سناریوی یک به طرف سناریوی چهار با مقادیر ۱۳.۹۱، ۱۷.۳۷، ۳۲.۰۲ و ۳۷.۷۳ درصد روند صعودی داشته است. در کاربری مرتع و سایر کاربری اراضی نیز روند صعودی درصد پوشش مناطق قابل‌رؤیت از سناریوی یک به طرف سناریوی چهار مشاهده گردید، جزییات آن در جدول ۶ نشان داده شده است.

جدول ۶- درصد وضعیت مناطق قابل‌رؤیت در نقاط مشاهده‌گر روستاها و نقاط کمکی بر روی نقشه کاربری اراضی

	نوع کاربری	سناریو یک	سناریو دو	سناریو سه	سناریو چهار
مناطق غیرقابل دید	جنگل	۵۲/۷۸	۴۹/۳	۳۴/۶۶	۲۸/۹۵
	مرتع	۳/۲۶	۲/۸۳	۱/۹۴	۱/۸
	سایر اراضی	۲۰/۶۹	۱۷/۷۳	۱۰/۸۸	۸/۱۶
مناطق قابل دید	جنگل	۱۳/۹۱	۱۷/۳۷	۳۲/۰۲	۳۷/۷۳
	مرتع	۰/۸۳	۱/۲۶	۲/۱۵	۲/۲۹
	سایر اراضی	۸/۵۴	۱۱/۵۱	۱۸/۳۶	۲۱/۰۷

در این تحقیق برای بررسی رؤیت‌پذیری حوضه آبخیز چهل‌چای با استفاده از برنامه جانبی ویوشید[1] در محیط کیوجی‌آی‌اس[2] از استفاده شد. ابتدا به‌صورت پیش‌فرض هرکدام از روستاهای منطقه به‌عنوان نقاط قابل‌دسترس به‌عنوان مشاهده‌گر و کمکی که هم به جاده دسترسی داشته باشند و از طرفی و ازلحاظ شیب هم امکان نصب ایستگاه دیدبانی را داشته باشند به‌عنوان مشاهده‌گر انتخاب شدند و بر اساس چهار سناریوهای تعیین‌شده میزان رؤیت‌پذیری هر کدام از آن‌ها با استفاده از یویشید۲ موردبررسی قرار گرفت.

سناریوی یک به‌عنوان ممکن‌ترین سناریو در این تحقیق محسوب می‌شود؛ زیرا در این سناریو هیچ‌گونه نصب دکل و برنامه ایاب و ذهابی برای دسترسی به نقطه مشاهده‌گر نیاز نیست؛ اما در این سناریو با توجه به شعاع دید ۱۲۰۰ متری و قرارگیری فرد مشاهده‌گر در سطح زمین حدود ۸۶ درصد از منطقه موردمطالعه در روستاها به‌عنوان نقطه مشاهده‌گر غیرقابل‌رؤیت می‌باشد، این مقدار در نقاط کمکی ۹۰ درصد به دست آمد، اما تلفیق نقاط کمکی و روستایی این مقدار را به ۷۷ درصد رساند. تنها تفاوت سناریوی دو با سناریوی یک ارتفاع نقطه مشاهده‌گر می‌باشد زیرا در این سناریو تعبیه دکل ۱۰ متری پیش‌بینی شده است که پوشش منطقه قابل‌رؤیت را در نقاط مشاهده‌گر

1 Viewshed
2 QGIS

روستایی از ۱٤ درصد به ۱۸ درصد رسانده است، درحالی‌که این مقدار در نقاط کمکی ۱۳ درصد می‌باشد. تلفیق نقاط کمکی و روستایی مقدار پوشش مناطق قابل‌رؤیت را در این سناریو به ۳۰ درصد ارتقا داده است. در سناریوی سه شعاع دید نقطه مشاهده‌گر با چشم مسلح پیش‌بینی شد که درنتیجه ٤۳ درصد از منطقه موردمطالعه در نقاط مشاهده‌گر روستایی قابل‌رؤیت می‌باشد، اما این مقدار در نقاط کمکی ٤۱ درصد می‌باشد. با تلفیق نقاط کمکی و روستایی این مقدار به ۵۳ درصد افزایش یافت. پیش‌بینی نصب دکل‌های دیدبانی ۱۰ متری، شعاع دید ۱۰۰۰۰ متری درصد مشاهده‌پذیری در نقاط مشاهده‌گر در روستا، نقاط کمکی و تلفیق این نقاط به ترتیب به ٤۹، ۵۰ و ٦۱ درصد رساند. میزان رؤیت‌پذیری در هر نقطه تحت تأثیر توپوگرافی محل، وضعیت پوشش گیاهی، ارتفاع درختان و سازه‌های ساخته‌شده می‌باشد، به‌صورت تئوری می‌توان در مدل‌های جی‌آی‌اس[1] همه موارد مذکور را به کار برد، اما در عمل به دلیل محدودیت‌های موجود امکان‌پذیریست (باربیان و مارک[2]، ۲۰۱۱). در این تحقیق زاویه عمودی دید بین ۹۰+ تا ۹۰- درنظرگرفته شد و این می‌تواند در میدان دید تأثیرگذار باشد؛ بنابراین تغییر هر کدام از پیش‌فرض‌ها می‌تواند نتایج تحقیق را تغییر دهد.

در سناریوی یک در روستاها ۷.۲۵ درصد از کاربری جنگل قابل‌مشاهده می‌باشد، درحالی‌که ٦۰.۲۵ درصد این کاربری غیرقابل مشاهده می‌باشد، این مقدار در نقاط کمکی ٦.۷۹ درصد می‌باشد، تلفیق نقاط مشاهده‌گر در روستاها و نقاط کمکی رؤیت‌پذیری مناطق جنگلی در منطقه موردمطالعه را به ۱۳.۹۱ درصد رساند. این مقدار نیز در اراضی مرتعی برای نقاط روستایی، کمکی و تلفیقی به ترتیب ۰.۱۵، ۰.٦۸ و ۰.۸۳ درصد حاصل شد. با افزایش ارتفاع نقطه مشاهده‌گر در سناریوی دو ۹.۳۷ درصد کاربری جنگل در نقاط مشاهده‌گر روستاها قابل‌رؤیت می‌باشد. این مقدار در نقاط کمکی و تلفیقی به ترتیب ۸.۹٦ و ۱۷.۳۷ درصد می‌باشد. در سناریوی سه افزایش شعاع دید نقطه مشاهده‌گر باعث افزایش چشمگیر رؤیت‌پذیری در مناطق جنگلی شد به صورتی در نقاط روستایی، کمکی و تلفیق به ترتیب ۲٦.۷٤، ۲٤.۲۹ و ۳۲.۰۲ درصد جنگل‌های موجود در منطقه موردمطالعه قابل‌رؤیت می‌باشد. روند رؤیت‌پذیری مراتع نیز شبیه کاربری جنگل می‌باشد.

در سناریوی چهار حد نهایت شعاع دید و ارتفاع نقطه مشاهده‌گر در نظر گرفته شد. در این سناریو در نقاط روستایی مشاهده‌گر ۳۷.۰۵ درصد از منطقه جنگلی قابل‌رؤیت می‌باشد، درحالی‌که این مقدار در نقاط کمکی ۳۵.۹٤ درصد می‌باشد و با تلفیق این نقاط مقدار رؤیت پذیری در این کاربری به ۳۷.۷۳ درصد رسید. درصد مشاهده‌پذیری در کاربری مرتع برای نقاط مشاهده‌گر روستایی، کمکی و تلفیقی به ترتیب ۲.۱۹، ۱.۹۸ و ۲.۲۹ درصد است. کاربری جنگل بیش‌تر منطقه موردمطالعه را در برگرفته است. در بعضی از نقاط مانند نقاط حساس به آتش‌سوزی یا مناطقی

1 GIS
2 Brabyn and Mark, 2011

که دارای جاذبه گردشگری در جنگل ممکن است اقدامات ویژه موردنیاز باشد و نظارت مداوم موردنیاز باشد (بائو[1] و همکاران، ۲۰۱۵). استفاده از هرکدام از سناریوها با توجه به امکانات موجود امکان‌پذیر است، اما سناریوی چهار و تلفیق نقاط روستایی و کمکی حداکثر پوشش را در منطقه ایجاد می‌نماید و این مستلزم پذیرفتن نصب دکل‌ها، استفاده از دوربین‌ها و انواع حس‌گرها برای پایش جنگل‌ها و سایر کاربری‌های دیگر در منطقه می‌باشد. لایه رستری مورداستفاده در این تحقیق جهت بررسی وضعیت رؤیت‌پذیری نقشه رقومی ارتفاع[2] می‌باشد، این مدل شامل ارتفاع در ناحیه بخصوص و در یک شبکه منظم بر روی سطح برهنه زمین می‌باشد. هرچه این شبکه دارای سلول‌های کوچک‌تری باشد، نقشه رقومی ارتفاع ایجادشده جزئیات بیشتری از پستی‌وبلندی‌های سطح زمین را مشخص می‌کند، منابع متعددی برای تهیه نقشه رقومی ارتفاع مانند نقشه‌های توپوگرافی و تصاویر ماهواره‌ای وجود دارد. امکان بهتر است به‌جای نقشه رقومی ارتفاع از نقشه رقومی سطح[3] استفاده شود، این مدل درواقع معرف بازتاب سطحی درختان، ساختمان‌ها و دیگر عوارض بالای سطح و خود سطح زمین می‌باشد و تهیه این نقشه مستلزم صرف هزینه و زمان می‌باشد، اما استفاده از آن می‌تواند نتایج دقیق‌تری نشان می‌دهد. به‌علاوه استفاده داده‌های لیدار نیز می‌تواند نتایج با دقت بهتری را ارائه بدهد، بنابراین پیشنهاد می‌شود در تحقیقاتی آتی در صورت امکان از این لایه‌ها استفاده شود.

٤- جمع‌بندی

این تحقیق نشان داد که برنامه ویوشید[4] می‌تواند میزان رؤیت‌پذیری هر نقطه را با توجه به پیش‌فرض‌های در نظر گرفته‌شده نشان دهد. در این تحقیق همچنین چگونگی استفاده از سناریوهای مختلف در هر نقطه نشان داده شد. در حالی هدف اصلی این تحقیق بررسی میزان رؤیت‌پذیری هر نقطه با استفاده از نقطه‌های پیش‌فرض مشاهده‌گر بود و مکان‌یابی این نقاط و همچنین بحث هزینه‌ها به دلیل محدود بدون داده‌ها مورداستفاده قرار نگرفت، از طرف نکته کلیدی این تحقیق میزان پوشش در هر نقاط قابل‌دسترس به‌عنوان مشاهده‌گر بود.

1 Bao et al
2 Digital elevation model (DEM)
3 Digital Surface model (DSM)
4 Viewshed

کتابنامه

احمدی، محمد آزاد؛ کریمی‌مشاور، مهرداد؛ ۱۳۹۷. تحلیل رؤیت‌پذیری ساختمان‌های بلندمرتبه در منظر شهری با استفاده از GIS. *فصلنامه علمی-پژوهشی مطالعات شهری*. شماره ۲۶، ۱-۱۲.
https://doi.org/10.34785/J011.2018.029

زارعی، رضا؛ آل‌شیخ، علی‌اصغر؛ صادقی‌نیارکی، ابوالقاسم؛ ۱۳۹۵. بهینه‌سازی پوشش در شبکه‌های حسگر بی‌سیم. *مجله علمی-پژوهشی رایانش نرم و فن آوری اطلاعات*. جلد ۵، شماره ٤، ۳٤-٤٤.
https://jscit.nit.ac.ir/article_51685.html

کریمی، جعفر؛ وحیدنیا، محمدحسن؛ ۱۳۹۹. مکان‌گزینی و بهینه‌سازی پوشش دوربین‌های مداربسته به‌منظور حمایت از مونیتورینگ بهتر با استفاده از الگوریتم S-ROPE و بصری‌سازی سه بُعدی. *علوم و تکنولوژی محیط زیست*. دوره ۲۲، شماره۸. ۸۹-۱۰۰.
https://cbsearch.site/search?q=10.22034%2FJEST.2019.37346.4361&ac=7175382905

فلاحتی، محمدحسین؛ فلاحتی، سامان، فلاحتی؛ کرمی، پیمان؛ ۱٤۰۰. ارزیابی زیستگاه کفتار راه راه (Hyaena hyaena) با استفاده از روش تجمیع در دامنه کوه شاهو استان کرمانشاه. *فصلنامه علمی محیط زیست*. سال ۱۳، شماره ۱. ۱-۱۱.
https://cbsearch.site/search?q=10.22034%2FAEJ.2021.131945&ac=7175382905

مصطفی، محسن؛ اسپهبدی، کامبیز؛ حاتمی، نیشتمان؛ ۱۳۹۹. بررسی سیاست‌های مدیریتی اجرا و عدم اجرای طرح جنگل‌داری بابل‌رود. *نشریه علمی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران*. جلد ۲۸، شماره ۲. ۱۸۰-۱۹۱.
https://cbsearch.site/search?q=10.22092%2FIJFPR.2020.121963&ac=7175382905

رضایی مقدم، محمد حسین؛ مختاری، داود؛ سمندر، نسرین؛ ۱۳۹۹. استخراج و ارزیابی تغییرات کاربری اراضی با بهکارگیری الگوریتم SVM با کرنل چندجملهای و روش حداکثر احتمال در محدوده حوزه‌آبریز اوجان چای بستان‌آباد. *جغرافیا و مخاطرات محیطی*. شماره ۳٦، ۲۵-٤٤.
https://cbsearch.site/search?q=10.22067%2FGEOEH.2021.67231.0&ac=7175382905

Bao, S, Xiao, N, Lai, Z, Zhang, H, Kim, C., 2015. Optimizing watchtower locations for forest fire monitoring using location models. Fire Safety Journal,71:100-109. https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2014.11.016

Bishop, I, D., 2003. Assessment of visual qualities, impacts, and behaviors, in the landscape, by using measures of visibility. Environment and Planning B Planning Design, 30: 677–688. https://doi.org/10.1068/b12956

Bowman, R, N, Ryavec, K, E., 2021. Viewsheds of cubic mountaintop tombs in Upper Tibet (Zhang Zhung). Journal of Archaeological Science, 37:1-9. https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2021.102998.

Brabyn, L, Mark, D, M., 2011. Using viewsheds, GIS, and a landscape classification to tag landscape photographs. Applied Geography, 31: 1115-1122. https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2011.03.003.

Brooks, K, N, Folliott, F, P, Magner, J, A., 2013. Hydrology and the Management of Watersheds, Fourth Edition, Wiley-Blackwell. 522p. https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9781118459751.

Castro, M, Iglesias, L, Sánchez, J,A, Ambrosio, L., 2011. Sight distance analysis of highways using GIS tools. Transp. Res. Part C Emerg. Technol, 19: 997–1005. https://doi.org/10.1016/j.trc.2011.05.012.

Ervin, S, Steinitz, C., 2003. Landscape visibility computation: necessary, but not sufficient. Environment and Planning B: Planning and Design, 30: 757-766. https://doi.org/10.1068/b2968

Eve, S , Crema, E.R., 2014. A house with a view? Multi-model inference, visibility fields, and point process analysis of a Bronze Age settlement on Leskernick Hil (Cornwall, UK). Journal of Archaeological Science, 43: 267-277. https://doi.org/10.1016/j.jas.2013.12.019.

Feng, W, Gang, W, Deji, P, Yuan, L, Liuzhong, Y, Hongbo, W., 2015. A parallel algorithm for viewshed analysis in three-dimensional Digital Earth. Computers &Geosciences, 75: 57-65.https://doi.org/10.1016/j.cageo.2014.10.012.

Franch-Pardo, I, Napoletano, B, Bocco, G, Barrasa, S., 2017. The role of geographical landscape studies for sustainable territorial planning. Sustainability. 9, 2123. https://doi.org/10.3390/su9112123.

Lee, K.Y, Seo, J, Kim, K-N, Lee, Y, Kweon, H, Kim, J., 2019. Application of Viewshed and Spatial Aesthetic Analyses to Forest Practices for Mountain Scenery Improvement in the Republic of Korea. Sustainability, 11:1-16. https://doi.org/10.3390/su11092687.

Nutsford, D, Reitsma, F, Pearson, A, L, Kingham, S., 2015. Personalizing the viewshed—Visibility analysis from the human perspective. Applied Geography, 62: 1–7. https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2015.04.004.

Sanchez-Fernandez, A, J., 2022. VPP: Visibility-Based Path Planning Heuristic for Monitoring Large Regions of Complex Terrain Using a UAV Onboard Camera. IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, 15: 944-955. https://doi.org/10.1109/JSTARS.2021.3134948.

Scarfo, F, Mercurio, R, Peso, D., 2013. Assessing visual impacts of forest operations on a landscape in the Serre Regional Park of southern Italy. Landscape and Ecological Engineering, 9:1-10. http://dx.doi.org/10.1007/s11355-011-0168-x.

Supernant, K. 2014. Indivisibility and Inadvisability of rock feature sites: a method for testing viewshed within and outside the socio-spatial system of the Lower Fraser River Canyon, British Columbia. Journal of Archaeological Science, 50: 497-511. http://dx.doi.org/10.1016/j.jas.2014.08.008.

Weitkamp, G, Bregt, A, Lammeren, R.V., 2011. Measuring Visible Space to Assess Landscape Openness. Landscape Research, 36(2):127-150. https://doi.org/10.1080/01426397.2010.549219.

Zhang, F, Zhao, P, Xu, Sh, Wua, Y, Yang, X, Zhang, Y., 2020. Integrating multiple factors to optimize watchtower deployment for wildfire detection. Science of the Total Environment, 737: 1-12. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139561